

DE3703000

Publication Title:

Arrangement for controlling a building heating or cooling system

Abstract:

Abstract of DE3703000

It is a known method to determine the duration of heating up rooms from the difference ΔT between the desired room temperature and the actual room temperature at the start of heating, and to begin heating at a time (t_2) that is earlier by the calculated duration of heating up (t_r) than the time (t_4) at which the desired room temperature (T_s) is supposed to be reached. An arrangement is given with which the duration of heating up (t_r) is calculated with great accuracy, with small computing and memory requirements. The equation $t_r = \exp(A \cdot \Delta T + B)$ is assumed to apply to the duration of heating up. The actual duration of heating up (t_m) is measured. The parameters A and B are determined adaptively by a recursive method from the deviations between the measured and calculated duration of heating up. The invention is used in heating systems.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

Courtesy of <http://v3.espacenet.com>



⑯ Offenlegungsschrift
⑯ DE 37 03 000 A1

⑯ Int. Cl. 4:
F24D 19/10

DE 37 03 000 A1

⑯ Aktenzeichen: P 37 03 000.0
⑯ Anmeldetag: 2. 2. 87
⑯ Offenlegungstag: 11. 8. 88



⑯ Anmelder:
Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

⑯ Erfinder:
Breitenstein, Bernd, Dipl.-Ing., 7504 Weingarten, DE

⑯ Anordnung zum Steuern einer Gebäudeheizung oder -kühlung

Es ist bekannt, die Aufheizdauer von Räumen aus der Differenz ΔT von Raum-Solltemperatur und der Raum-Isttemperatur zu Beginn des Aufheizens zu ermitteln und mit dem Aufheizen zu einem Zeitpunkt (t_2) zu beginnen, der um die errechnete Aufheizdauer (t_r) vor dem Zeitpunkt (t_1) liegt, zu dem die Raum-Solltemperatur (T_s) erreicht sein soll.

Es wird eine Anordnung angegeben, mit der mit kleinem Rechen- und Speicheraufwand die Aufheizdauer (t_r) mit hoher Genauigkeit errechnet wird. Hierzu wird für die Aufheizdauer der Ansatz $t_r = \exp(A \cdot \Delta T + B)$ angenommen. Die tatsächliche Aufheizdauer (t_m) wird gemessen. Die Parameter A, B werden aus den Abweichungen zwischen gemessener und errechneter Aufheizdauer adaptiv mit einem rekursiven Verfahren bestimmt.

Die Erfindung wird in Heizungsanlagen angewandt.

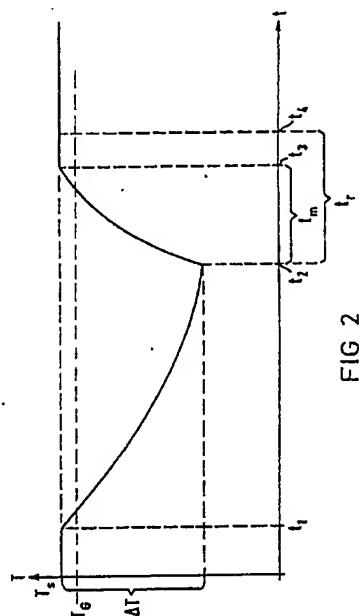


FIG 2

DE 37 03 000 A1

Patentansprüche

5 1. Anordnung zum Steuern einer Gebäudeheizung oder -kühlung, deren Leistung in einer zu einem vorgegebenen Zeitpunkt (t_0) beginnenden ersten Betriebsphase ($t_0 - t_1$) so geregelt ist, daß eine Solltemperatur (TS) in dem Gebäude eingehalten wird, deren Leistung in einer zweiten Betriebsphase ($t_1 - t_2$) abgesenkt ist und die in einer dritten Betriebsphase ($t_2 - t_3$) zum Aufheizen bzw. Abkühlen des Raumes auf die Raum-Solltemperatur mit maximaler Leistung betrieben wird, mit einer Recheneinheit (ZR), welche die Aufheizdauer bzw. Abkühlzeit (t_r) in der dritten Betriebsphase aus Parametern (aktuelle Raumtemperatur, Raum-Solltemperatur, Gebäudeparameter) berechnet und die Heizung bzw. Kühlung zu einem solchen Zeitpunkt (t_2) einschaltet, daß die Raum-Solltemperatur zu Beginn der ersten Betriebsphase erreicht wird, gekennzeichnet durch die Recheneinheit (ZR) berechnet die Aufheizdauer (t_r) nach der Gleichung

$$t_{r(n)} = \exp(A_n \cdot \Delta T_n + B_n)$$

15 in der ΔT die Differenz zwischen Raum-Solltemperatur und aktueller Raumtemperatur und A , B heizungs-spezifische Parameter bedeuten, die nach Gleichungen

$$A_n = (S1_n \cdot S5_n - S2_n \cdot S1_n) : (S4_n \cdot S5_n - S1_n^2)$$

$$20 B_n = (S2_n \cdot S4_n - S1_n \cdot S3_n) : (S4_n \cdot S5_n - S1_n^2)$$

errechnet werden, mit den nach jedem Aufheizen rekursiv errechneten Summanden

$$S1_n = WS1_{n-1} + \Delta T_{n-1}$$

$$25 S2_n = WS2_{n-1} + \ln t_{m(n-1)}$$

$$S3_n = WS3_{n-1} + \Delta T_{n-1} \cdot \ln t_{m(n-1)}$$

$$30 S4_n = WS4_{n-1} + \Delta T_{n-1}^2$$

$$S5_n = WS5_{n-1} + 1$$

35 2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für verschiedene Außentemperaturbereiche die Parameter (A , B) gesondert ermittelt werden und die Aufheiz- bzw. Abkühlzeit (t_r) errechnet wird.

Beschreibung

40 Die Erfindung betrifft eine Anordnung zum Steuern einer Gebäudeheizung oder -kühlung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Zur Einsparung von Heizenergie werden Heizungsanlagen während der Zeiten, in denen die beheizten Räume nicht genutzt werden, abgeschaltet, bzw. es wird während dieser Zeiten eine niedrigere Raum-Solltemperatur eingestellt. Mit dem Aufheizen wird zu einem Zeitpunkt begonnen, der um die Aufheizdauer vor dem Zeitpunkt liegt, zu dem die Raum-Solltemperatur erreicht sein soll und ab dem die Räume wieder genutzt werden. Damit möglichst wenig Energie verbraucht wird, wird mit dem Aufheizen möglichst spät begonnen, und die Heizungsanlage wird mit maximaler Leistung betrieben. Da die Aufheizdauer nicht konstant, sondern von der jeweiligen Nutzungspause, der Außentemperatur und gebäudespezifischen Parametern abhängig ist, muß der Zeitpunkt für den Beginn der Aufheizung veränderlich sein. Aus der EP-PS 00 12 936 ist ein Verfahren zum Optimieren des Energieverbrauchs in Gebäuden bekannt, bei dem eine außentemperaturabhängige Funktion ermittelt wird, die von der gemessenen, tatsächlich benötigten Aufheizdauer bis zum Erreichen der Raum-Solltemperatur, dem Temperatur-Sollwert und der Raumtemperatur bei Beginn des Aufheizvorganges abhängt. Die so gewonnene Funktion wird in einer Tabelle zusammen mit den dazugehörigen Außentemperaturen abgespeichert. Auf diese Weise werden im Laufe der Zeit mehrere diskrete Punkte der außentemperaturabhängigen Funktion ermittelt und gespeichert. Für die Berechnung der Aufheizdauer und damit des Beginns der Aufheizzeiten werden die abgespeicherten Tabellenwerte der außentemperaturabhängigen Funktion verwendet. Mit dieser bekannten Steuereinrichtung wird durch selbsttätige Optimierung erreicht, daß mit dem Aufheizen zu einem solchen Zeitpunkt begonnen wird, daß am Ende der Aufheizperiode der Sollwert der Raumtemperatur erreicht ist. Für die bekannte Steuereinrichtung ist jedoch ein Außentemperaturfühler erforderlich, und es ist ein großer Speicheraufwand notwendig. Der Rechenaufwand ist zwar wegen des Ansatzes, daß die Aufheizdauer mit der Differenz zwischen Solltemperatur und aktueller Raumtemperatur linear zunimmt, gering; dieser Ansatz dürfte jedoch in vielen Fällen zu nicht befriedigenden Ergebnissen führen.

In der EP-OS 01 75 126 ist eine Steuereinrichtung für ein Raumheizgerät beschrieben, bei dem zur Verringerung des Rechen- und Speicheraufwandes die Aufheizdauer gemessen und zusammen mit der Wärmeleistung vor Beginn des Absenkorganges abgespeichert wird. Nach jedem Absenkorgang wird das Aufheizen in Abhängigkeit von der Wärmeleistung vor dem Beginn des Absenkorganges aufgrund von gespeicherten Werten der entsprechenden Aufheizzeiten gestartet. Diese Steuereinrichtung hat den Nachteil, daß der Wärmebedarf vom Vortag, oder, im Falle von Bürogebäuden, deren Raumtemperatur über die Wochenenden abgesenkt wird, vom Wärmebedarf von vor drei Tagen für die Ermittlung der Aufheizdauer zugrunde gelegt wird. Eine Änderung

der AußenTemperatur während dieser Zeit bleibt unberücksichtigt und führt dazu, daß die Raum-SollTemperatur nicht zum gewünschten Zeitpunkt erreicht wird.

Der vorliegenden Erfahrung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung zu schaffen, mit der die Aufheizdauer mit ausreichender Genauigkeit mit geringem Rechen- und Speicheraufwand ermittelt werden kann.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit den im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Merkmalen gelöst.

Für die Erfahrung ist von dem Ansatz ausgegangen, daß die Aufheizdauer exponentiell mit der Differenz zwischen Raum-Soll- und -Isttemperatur zunimmt und daß die Gebäudeparameter am besten adaptiv ermittelt werden, derart, daß die Summe der Fehlerquadrate, d. h. der Quadrate der Differenzen zwischen errechneten und gemessenen, aufeinanderfolgenden Aufheiz-/Abkühltdauern zu einem Minimum wird, wobei die Fehlerquadrate so gewichtet werden, daß die Fehlerquadrate der jüngsten Aufheizvorgänge ein größeres Gewicht als die der älteren haben. Daraus ergibt sich, daß die gebäudespezifischen Parameter aus der Differenz zwischen Raum-Solltemperatur und Istwert zu Beginn der Aufheizvorgänge sowie den gemessenen Aufheizdauern errechnet werden.

Zur Berücksichtigung der AußenTemperatur kann diese in mehrere Bereiche, z. B. niedriger als -5°C , -5°C bis $+5^{\circ}\text{C}$ und höher als 5°C eingeteilt werden. Für jeden Bereich werden dann die Parameter gesondert ermittelt und je nach aktueller AußenTemperatur für die Ermittlung der Aufheiz-/Abkühltdauer verwendet.

Im folgenden werden anhand der Zeichnung die Erfahrung sowie Weiterbildungen und Ausgestaltungen näher beschrieben und erläutert.

Fig. 1 zeigt das Prinzipschaltbild eines Ausführungsbeispiels.

In Fig. 2 ist der typische Tagesverlauf der Temperatur eines beheizten Raumes veranschaulicht.

In dem Schaltbild nach Fig. 1 ist mit R ein Raum bezeichnet, der mittels einer Heizung HZ beheizt wird und nur zeitweise genutzt wird. Zur Messung der Raumtemperatur ist ein Temperaturfühler TF vorgesehen, dessen Ausgangssignal dem einen Eingang eines Subtrahierers DF zugeführt ist und dessen zweiter Eingang an einen Sollwertgeber $SW1$ für die Raumtemperatur angeschlossen ist. Mit Schaltern $US1$, $US2$ können drei Betriebsarten eingestellt werden. In der ersten Betriebsart schaltet der Schalter $US2$ "0"-Signal auf die Heizung HZ , d. h., die Heizung ist abgeschaltet. In der zweiten Betriebsart wird der Heizung HZ über die Schalter $US1$, $US2$ ein Signal Q_{max} zugeführt, das bewirkt, daß die Heizung mit maximaler Leistung betrieben wird. In der dritten Betriebsart, in der die Raumtemperatur in üblicher Weise geregelt wird, erhält die Heizung HZ über die Umschalter $US1$, $US2$ das Ausgangssignal eines PI-Reglers PIR , der an den Subtrahierer DF angeschlossen ist.

Fig. 2 veranschaulicht den Temperaturverlauf während der drei Betriebsarten. Zum Zeitpunkt t_1 , kurz vor dem Beginn einer Nutzungspause, wird die Heizung HZ abgeschaltet, und die Raumtemperatur sinkt exponentiell vom Sollwert T_s ab. In einem Zeitpunkt t_2 , ab dem der Raum wieder genutzt wird, muß die Solltemperatur wieder erreicht sein. Zur Einsparung von Heizenergie wird der Zeitpunkt t_2 , an dem mit dem Aufheizen begonnen wird, möglichst spät gelegt und dann die Heizung mit maximaler Leistung betrieben. Es muß jedoch auch so früh mit dem Aufheizen begonnen werden, daß zu Beginn der Nutzung die gewünschte Raumtemperatur erreicht ist. Da die Aufheizdauer nicht konstant ist, sondern von der Temperatur T_s am Beginn des Aufheizvorganges bzw. von der Temperaturdifferenz ΔT zwischen dem Temperatur-Sollwert T_s und der Ausgangstemperatur T_a sowie von gebäudespezifischen Parametern abhängig ist, muß der Zeitpunkt t_2 für jeden Aufheizvorgang gesondert bestimmt werden. Für die vorliegende Erfahrung ist davon ausgegangen, daß die Aufheizzeit exponentiell mit der Temperaturdifferenz ΔT zunimmt:

$$t_{(n)} = \exp(A_n \cdot \Delta T_n + B_n)$$

A_n , B_n sind gebäudespezifische Parameter, die im wesentlichen die Heizleistung, die Wärmekapazität und die Wärmeisolierung des Gebäudes angeben. Diese Parameter werden gemäß der vorliegenden Erfahrung adaptiv mit einem rekursiven Verfahren bestimmt, sie sind daher nicht konstant, sondern ändern sich mit jedem Aufheizvorgang. Sie sind daher für den n -ten Aufheizvorgang mit dem Index n versehen, ebenso wie die jeweilige Temperaturdifferenz ΔT_n und die errechnete Aufheizzeit $t_{(n)}$. Für das erste Aufheizen werden sie geschätzt. Während der Nutzungspausen des Raumes wird regelmäßig die Raumtemperatur gemessen und den jeweiligen Parametern A_n , B_n die zu erwartende Aufheizdauer $T_{(n)}$ errechnet. Die jeweilige tatsächliche Aufheizdauer $t_{m(n)}$ wird gemessen, und aufgrund der gemessenen und errechneten Aufheizdauer werden korrigierte neue Parameter A_{n+1} , B_{n+1} in der Weise errechnet, daß das Minimum der Summe von gewichteten Fehlerquadren ermittelt wird.

Diese Summe ist beschrieben durch die Gleichung:

$$f(A_n, B_n) = \sum_{i=1}^n (\ln t_{m(i)} - \ln t_{(i)})^2 \cdot W^{n-i} \stackrel{!}{=} \text{Min}$$

Es werden daher nicht nur die Meßwerte und die berechneten Werte des letzten Aufheizvorganges, sondern auch die von früheren berücksichtigt, und zwar wegen der Gewichtung der Fehlerquadrate mit den Faktoren W^{n-i} , in dem W kleiner als Eins ist, mit abnehmendem Einfluß.

Durch Nullsetzen der partiellen Differentialen der Funktion $f(A_n, B_n)$ nach A_n und B_n ergeben sich als Bestimmungsgleichungen für die Parameter

$$A_n = (S1_n \cdot S5_n - S2_n \cdot S1_n) : (S4_n \cdot S5_n - S1_n^2)$$

$$B_n = (S2_n \cdot S4_n - S1_n \cdot S3_n) : (S4_n \cdot S5_n - S1_n^2)$$

Die fünf Summenausdrücke $S1_n \dots S5_n$ können rekursiv dargestellt werden:

5 $S1_n = WS1_{n-1} + \Delta T_{n-1}$

$$S2_n = WS2_{n-1} + \ln t_{m(n-1)}$$

$$S3_n = WS3_{n-1} + \Delta T_{n-1} \cdot \ln t_{m(n-1)}$$

10 $S4_n = WS4_{n-1} + \Delta T^2_{n-1}$

$$S5_n = WS5_{n-1} + 1$$

15 Der Gewichtsfaktor W liegt vorteilhaft im Bereich zwischen 0,85 und 0,95, je nach dem, ob mehr Wert auf Stabilität oder Adoptionsgeschwindigkeit gelegt wird.

Der Aufwand zum Berechnen der Aufheizzeit ist gering. Nach einem Aufheizvorgang sind bis zum nächsten 20 die Parameter A und B zu berechnen, wozu lediglich Additionen, Multiplikationen und Divisionen erforderlich sind. Während der Nutzungs pausen wird dann fortwährend die zu erwartende Aufheizzeit nach der angegebenen Exponentialfunktion ermittelt, was in kurzer Zeit von üblichen Bausteinen erledigt wird.

25 In der Anordnung nach Fig. 1 übernimmt die beschriebenen Rechenvorgänge eine Recheneinheit ZR , der vom Subtrahierer DF die Differenz ΔT zwischen der aktuellen Raumtemperatur und der Solltemperatur zugeführt wird. Außerdem erhält sie von einer Uhreneinheit UHR den Zeitpunkt t_1 als Kennzeichen dafür, daß die Nutzungspause beginnt und die Heizung abgeschaltet ist und daß sie nun fortwährend die zu erwartende Aufheizdauer t_r ermitteln und der Uhreneinheit UHR übertragen muß. Statt dessen kann die Uhreneinheit UHR auch Anforderungssignale der Recheneinheit ZR zuführen, auf die jeweils die Aufheizdauer t_r berechnet und der Uhreneinheit UHR mitgeteilt wird. In der Uhreneinheit UHR ist der Zeitpunkt t_4 gespeichert, zu dem der Raum R auf die Solltemperatur aufgeheizt sein soll. Aus dem Zeitpunkt t_4 und der berechneten Aufheizdauer t_r wird der Zeitpunkt t_2 ermittelt, an dem mit der Aufheizung begonnen wird. Hierzu steuert die Uhreneinheit UHR den Schalter $US2$ in die obere Schaltstellung, in welcher das Ausgangssignal des Schalters $US1$ zur Heizung HZ durchgeschaltet wird. Ein Grenzwertmelder GRM , dem das Ausgangssignal des Subtrahierers DF zugeführt ist, schaltet den Schalter $US1$ in die untere Stellung, wenn die Temperaturdifferenz ΔT einen vorgegebenen Betrag überschreitet bzw. wenn die Raumtemperatur unter eine vorgegebene Temperatur T_G absinkt, die niedriger als die Solltemperatur bzw. höher als die Temperatur ist, auf welche die Temperatur bis zum Zeitpunkt t_2 absinkt. 30 Dem oberen Eingang des Schalters $US2$ ist daher schon vor dem Zeitpunkt t_2 das Steuersignal Q_{max} zugeführt. Mit dem Umschalten des Schalters $US2$ erhält daher die Heizung HZ das Steuersignal Q_{max} und wird dann mit maximaler Leistung betrieben. Erreicht die Raumtemperatur den Sollwert T_s , schaltet der Grenzwertmelder GRM den Schalter $US1$ in die obere Stellung, so daß der Regler PIR wirksam wird und die Raumtemperatur auf dem Sollwert gehalten wird. Das Umschaltsignal erhält auch die Uhreneinheit UHR , die den Umschaltzeitpunkt 35 t_3 der Recheneinheit ZR zuführt. Diese bildet daraus und dem schon zuvor übertragenen Zeitpunkt t_2 die tatsächliche Aufheizdauer t_m . Es stehen ihr daher die Korrekturgrößen ΔT und t_m zum Adaptieren der Summanden $S1 \dots S5$ und damit der Parameter A , B zur Verfügung. Die hierzu erforderlichen, oben angegebenen Berechnungen werden während der folgenden Nutzungsperiode durchgeführt. Mit Beginn der nächsten Nutzungspause wiederholt sich der beschriebene Vorgang.

40 45 In die Größen $S1 \dots S5$ und damit in die Parameter A , B gehen nur die jeweilige Temperaturdifferenz ΔT und die gemessene Aufheizzeit t_m ein. Die Außentemperatur wird nicht unmittelbar berücksichtigt. Sie hat, wie die Praxis zeigte, auch nur einen geringen Einfluß. Um auch diesen zu erfassen, kann die Außentemperatur in mehrere Bereiche, z. B. drei, unterteilt werden, und es werden dann für jeden Bereich die Parameter gesondert ermittelt. Aber auch dann erfordert das neue Verfahren nur wenig Speicherplatz, da für jeden Bereich nur fünf 50 Werte $S1 \dots S5$ gespeichert werden müssen.

Als Ausführungsbeispiel wurde eine Heizungsanlage beschrieben. Die Erfindung kann entsprechend auch bei Klimaanlagen eingesetzt werden, mit denen Räume während vorgegebener Nutzungszeiten auf eine Solltemperatur gekühlt werden. Während der Nutzungs pausen wird die Kühlung abgeschaltet oder reduziert. Auch in diesem Falle wird Energie durch genaue Bestimmung der Zeit eingespart, die zum Abkühlen des Raumes auf die Solltemperatur erforderlich ist. Zur besseren Verständlichkeit ist das Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 als Blockschaltbild dargestellt und beschrieben. Zweckmäßig wird jedoch zur Realisierung ein programmgesteuerter Rechner eingesetzt, wobei die einzelnen in Fig. 2 angegebenen Einheiten mit Programmen verwirklicht sind.

- Leerseite -

3703000

1/1

87 P 4403

Nummer:
Int. Cl. 4:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

37 03 000
F 24 D 19/10
2. Februar 1987
11. August 1988

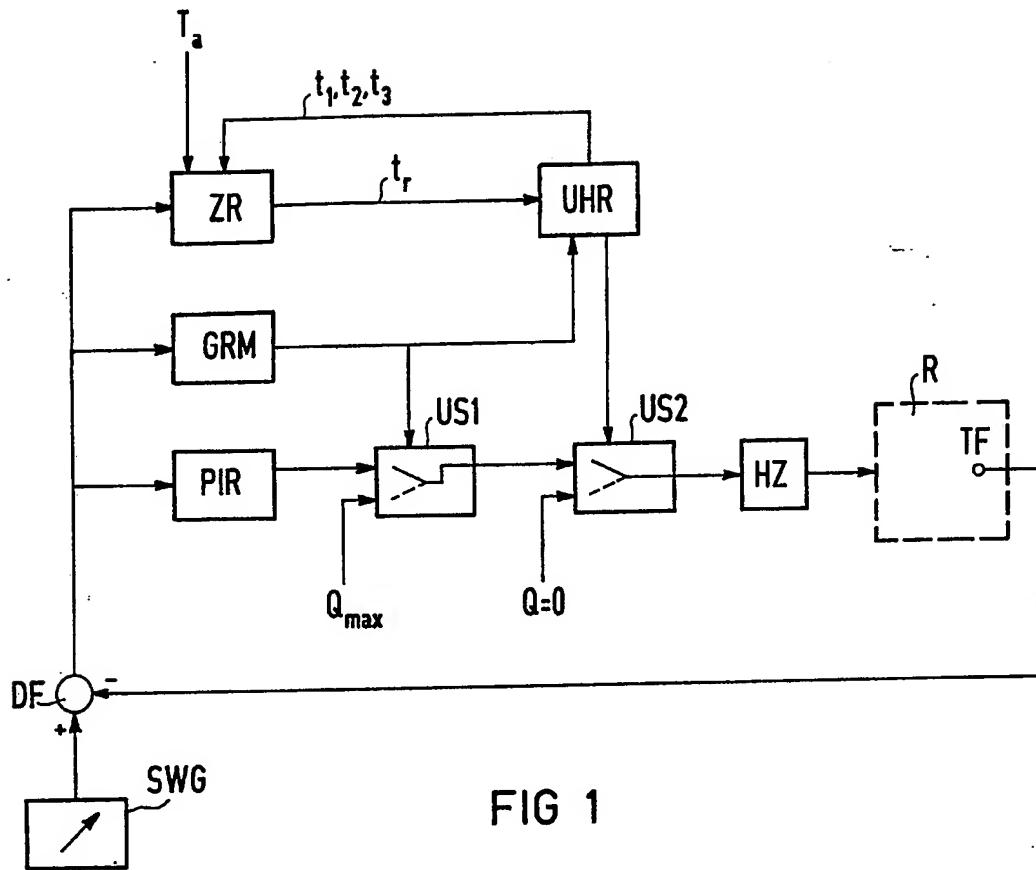


FIG 1

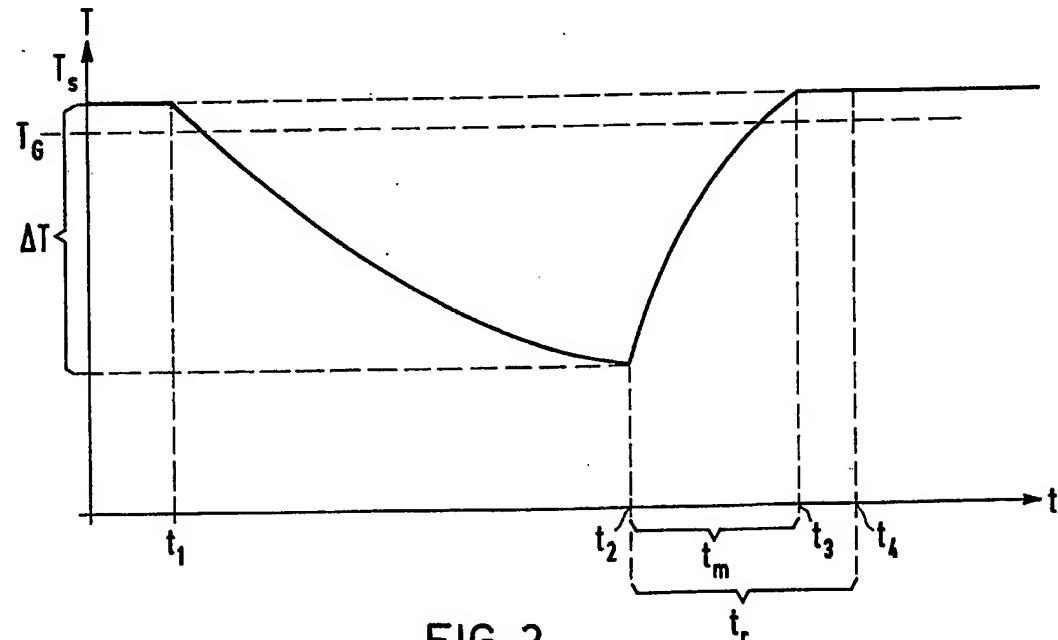


FIG 2